

19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift DE 100 19 764 A 1

21 Aktenzeichen: 100 19 764.7  
22 Anmeldetag: 20. 4. 2000  
43 Offenlegungstag: 31. 10. 2001

51 Int. Cl. 7:  
**F 16 K 31/02**  
F 15 B 13/044  
F 02 M 47/00  
F 02 M 51/00  
// H01L 41/09

DE 100 19 764 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Mattes, Patrick, Dr., 70569 Stuttgart, DE

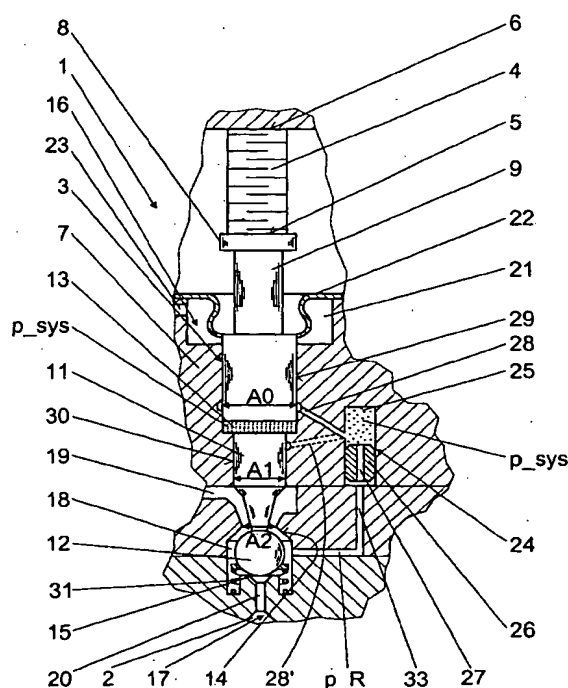
56 Entgegenhaltungen:  
EP 04 77 400 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten

57 Es wird ein Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten vorgeschlagen, mit einer Aktuator-Einheit (4) zur Betätigung eines Ventilieds 3, welches einen ersten Kolben (9) und einen davon durch eine Hydraulikkammer (13) getrennten zweiten Kolben (11) aufweist, und das ein Ventilschließglied (12) betätigt, welches einen Niederdruckbereich (16) mit Systemdruck von einem Hochdruckbereich (17) trennt. Zum Leckageausgleich ist eine mit dem Hochdruckbereich (17) verbindbare Befüllereinrichtung (27) mit einem Hohlraum (25) vorgesehen, in dem ein Drosselkörper (26) derart angeordnet ist, daß in den Hohlraum (25) einend eine zu dem Hochdruckbereich (17) führende Leitung (33) mündet und andererseits eine zur Hydraulikkammer (13) führende Systemdruck-Leitung (28) abzweigt. Der Systemdruck baut sich durch geometrische Festlegung einer Drosselbohrung (27) im Drosselkörper (26) und der Abmessungen des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) abgebaut wird, in Abhängigkeit eines vorliegenden Drucks im Hochdruckbereich auf. Alternativ kann im Hohlraum (25) ein zweiter Drosselkörper (32) mit einer Drosselbohrung (34) vorgesehen sein, der einer aus dem Hohlraum (25) abzweigenden Leckageleitung (35) vorgeschaltet ist und entlang dem der Systemdruck abgebaut wird (Figur 1).



DE 100 19 764 A 1

[0001] Die Erfindung geht von einem Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten gemäß der in Patentanspruch 1 und 2 näher definierten Art aus. Derartige Ventile zum Steuern von Flüssigkeiten, bei denen ein Ventilschließglied einen Niederdruckbereich in dem Ventil von einem Hochdruckbereich trennt, sind aus der Praxis zum Beispiel bei Kraftstoffinjektoren, insbesondere Common-Rail-Injektoren, oder bei Pumpen von Kraftfahrzeugen in unterschiedlichsten Ausführungen bekannt.

[0002] Auch aus der EP 0 477 400 A1 ist ein derartiges Ventil bekannt, wobei das darin beschriebene Ventil über einen piezoelektrischen Aktor betätigbar ist und eine Anordnung für einen in Hubrichtung wirkenden Wegtransformator des piezoelektrischen Aktors aufweist. Dabei wird die Auslenkung des Aktors über eine Hydraulikkammer übertragen, welche als hydraulische Übersetzung und Toleranzausgleichselement dient.

[0003] Die Hydraulikkammer schließt zwischen zwei sie begrenzenden Kolben, von denen ein Kolben mit einem kleineren Durchmesser ausgebildet ist und mit einem ansteuernden Ventilschließglied verbunden ist, und der andere Kolben mit einem größeren Durchmesser ausgebildet ist und mit dem piezoelektrischen Aktor verbunden ist, ein gemeinsames Arbeitsvolumen ein. Die Hydraulikkammer ist so zwischen den Kolben eingespannt, daß der Betätigungskolben einen um das Übersetzungsverhältnis des Kolbendurchmessers vergrößerten Hub macht, wenn der größere Kolben durch den piezoelektrischen Aktor um eine bestimmte Wegstrecke bewegt wird. Daneben können über das Arbeitsvolumen der Hydraulikkammer Toleranzen z. B. aufgrund von unterschiedlichen Temperaturelastizitätskoeffizienten der verwendeten Materialien sowie eventuelle Setzeffekte ausgeglichen werden, ohne daß das Ventilschließglied eine Änderung seiner Position erfährt.

[0004] Zur Sicherstellung der Funktion derartiger Ventile benötigt das hydraulische System im Niederdruckbereich, insbesondere der hydraulische Koppler, einen Systemdruck. Dieser fällt aufgrund von Leckage ab, falls keine ausreichende Nachfüllung von Hydraulikflüssigkeit erfolgt.

[0005] Die Befüllung des Systemdruckbereiches wird zum Beispiel bei aus der Praxis bekannten Common-Rail-Injektoren, bei denen der Systemdruck zweckmäßig im Ventil selbst erzeugt wird und auch bei einem Systemstart möglichst konstant gehalten wird, durch Zuführung von Hydraulikflüssigkeit aus dem Hochdruckbereich des zu steuernden Kraftstoffs in den Niederdruckbereich, in dem Systemdruck vorliegen soll, realisiert. Häufig geschieht die Befüllung mit Hilfe von Leckspalten, die durch Leck- bzw. Befüllstifte dargestellt werden. Der Systemdruck wird in der Regel durch ein Ventil eingestellt, wobei der Systemdruck zum Beispiel auch für mehrere Common-Rail-Ventile konstant gehalten werden kann.

[0006] Problematisch ist dies jedoch bei einem im wesentlichen konstanten Systemdruck in der Hydraulikkammer, welcher zumindest weitgehend unabhängig von dem vorherrschenden Hochdruck im Hochdruckbereich ist, da bei hohen Druckwerten eine große Aktorkraft zur Öffnung des Ventilschließgliedes entgegen der Hochdruckrichtung erforderlich ist, das eine entsprechend große und kostenintensive Dimensionierung der Aktuator-Einheit bedingt. Des weiteren ist bei hohem Druck im Hochdruckbereich die Verdrängung von Hydraulikvolumen aus der Hydraulikkammer über die die angrenzenden Kolben umgebenden Spalte entsprechend verstärkt, wodurch die Wiederbefüllzeit zum

Aufbau und Halten des Gegendrucks auf der Niederdruckseite unter Umständen derart verlängert wird, daß mangels vollständiger Wiederbefüllung bei einer kurz darauf folgenden Betätigung des Ventils ein kürzerer Ventilhub ausgeführt wird, der das Öffnungsverhalten des gesamten Ventils gegebenenfalls negativ beeinflussen kann.

#### Vorteile der Erfindung

[0007] Das erfindungsgemäße Ventil zur Steuerung von Flüssigkeiten mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 oder 2 hat den Vorteil, daß für die Wiederbefüllung der Hydraulikkammer ein vom Druckniveau im Hochdruckbereich abhängiger Systemdruck bereitgestellt wird, mit dem die sichere Funktion der Hydraulikkammer als hydraulischer Übersetzer gewährleistet ist. Bei einem erfindungsgemäßen Ventil ist eine Erhöhung des Systemdrucks bei hohem Druckniveau im Hochdruckbereich in der Hydraulikkammer möglich, wodurch die Öffnung des Ventilschließgliedes entgegen dem anstehenden Hochdruck unterstützt wird. Auf diese Weise ist eine verringerte Ansteuerspannung der vorzugsweise als piezoelektrische Einheit ausgeführten Aktuator-Einheit gegenüber einem Ventil mit konstantem Systemdruck ausreichend. Das erfindungsgemäße Ventil kann daher mit einer kleineren und kostengünstigeren Aktuator-Einheit ausgestattet werden.

[0008] Des weiteren ermöglicht die Erfindung eine definierte Wiederbefüllung des Niederdruckbereiches, insbesondere der Hydraulikkammer. Eine sehr präzise Einstellung des Systemdruckes kann dabei durch Durchflußänderungen an dem Drosselkörper erfolgen, welche in besonders bevorzugter Weise durch hydroerosives Runden bei der Montage vorgenommen werden. Das erfindungsgemäße Ventil zeichnet sich somit neben der sicheren Bereitstellung des erforderlichen Systemdruckes im gesamten Motorkennfeld auch durch niedrige Kosten bei Herstellung und Montage aus. Dies ist vor allem auch auf die konstruktiv einfache Bauart des Ventils zurückzuführen, die es erlaubt, den variablen Systemdruck in der Hydraulikkammer durch leicht einstellbare geometrische Größen wie dem Drosseldurchfluß und den Abmessungen des Körpers, entlang dem der Systemdruck zum Niederdruck hin abgebaut wird, zu definieren.

[0009] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung sind der Beschreibung, der Zeichnung und den Patentansprüchen entnehmbar.

#### Zeichnung

[0010] Einige Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Ventils zur Steuerung von Flüssigkeiten sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der folgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

[0011] Fig. 1 eine schematische, ausschnittsweise Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung bei einem Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen im Längsschnitt,

[0012] Fig. 2 eine vereinfachte, ausschnittsweise Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung im Längsschnitt, und

[0013] Fig. 3 eine vereinfachte Prinzipskizze einer Ergänzung zu den in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungen.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0014] Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt eine Verwendung des erfindungsgemäßen Ventils bei einem Kraftstoffeinspritzventil 1 für Brennkraftmaschinen

von Kraftfahrzeugen. In der vorliegenden Ausführung ist das Kraftstoffeinspritzventil 1 als ein Common-Rail-Injektor zur Einspritzung von vorzugsweise Dieseldieselkraftstoff ausgebildet, wobei die Kraftstoffeinspritzung über das Druckniveau in einem Ventilsteuerraum 2, der mit einer Hochdruckversorgung verbunden ist, gesteuert wird. Zur Einstellung eines Einspritzbeginns, einer Einspritzdauer und einer Einspritzmenge über Kräfteverhältnisse in dem Kraftstoffeinspritzventil 1 wird ein Ventilielglied 3 über eine als piezoelektrischer Aktor 4 ausgebildete Aktuator-Einheit angesteuert, welche auf der ventilsteuerraum- und brennraumabgewandten Seite des Ventilielgliedes 3 angeordnet ist. Der piezoelektrische Aktor 4 ist in üblicher Weise aus mehreren Schichten aufgebaut und weist auf seiner dem Ventilielglied 3 zugewandten Seite einen Aktorkopf 5 und auf seiner dem Ventilielglied 3 abgewandten Seite einen Aktorfuß 6 auf, der sich an einer Wand eines Ventilkörpers 7 abstützt. An dem Aktorkopf 5 liegt über ein Auflager 8 ein erster Kolben des Ventilielgliedes 3 an, welcher auch als Stellkolben bezeichnet wird. Das Ventilielglied 3 ist axial verschiebbar in einer Längsbohrung 10 des Ventilkörpers 7 angeordnet und umfaßt neben dem ersten Kolben 9 einen weiteren zweiten Kolben 11, welcher ein Ventilschließglied 12 betätigt und daher auch als Betätigungskolben bezeichnet wird.

[0015] Die Kolben 9 und 11 sind mittels einer hydraulischen Übersetzung, welche als Hydraulikkammer 13 ausgebildet ist und die Auslenkung des piezoelektrischen Aktors 4 überträgt, miteinander gekoppelt. Die Hydraulikkammer 13 schließt zwischen den beiden sie begrenzenden Kolben 9 und 11, bei denen der Durchmesser A1 des zweiten Kolbens 11 kleiner ist als der Durchmesser A0 des ersten Kolbens 9, ein gemeinsames Ausgleichsvolumen ein, in dem ein Systemdruck  $p_{sys}$  herrscht. Das Ventilielglied 3, seine Kolben 9 und 11 und der piezoelektrische Aktor 4 liegen auf einer gemeinsamen Achse hintereinander, wobei der zweite Kolben 11 einen um das Übersetzungsverhältnis des Kolbendurchmessers vergrößerten Hub macht, wenn der größere erste Kolben 9 durch den piezoelektrischen Aktor 4 um eine bestimmte Wegstrecke bewegt wird.

[0016] Das Ausgleichsvolumen der Hydraulikkammer 13 erlaubt den Ausgleich von Toleranzen aufgrund von Temperaturgradienten im Bauteil oder unterschiedlichen Temperaturexpansionskoeffizienten der verwendeten Materialien sowie eventueller Setzeffekte ohne Beeinflussung der Position des anzusteuern Ventilschließgliedes 12.

[0017] An dem dem Ventilsteuerraum 2 zugewandten Ende des Ventilielgliedes 3 wirkt das kugelartige Ventilschließglied 12 mit an dem Ventilkörper 7 ausgebildeten Ventilsitzen 14, 15 zusammen, wobei das Ventilschließglied 12 einen Niederdruckbereich 16 mit dem Systemdruck  $p_{sys}$  von einem Hochdruckbereich 17 mit einem Hochdruck bzw. Raildruck  $p_R$  trennt. Die Ventilsitze 14, 15 sind in einem von dem Ventilkörper 7 gebildeten Ventilraum 18 ausgebildet, von dem ein Leckageablaufkanal 19 auf der dem piezoelektrischen Aktor 4 zugewandten Seite des Ventilsitzes 14 wegführt. Hochdruckseitig ist der Ventilraum 18 über den zweiten Ventilsitz 15 und eine Ablaufdrossel 20 mit dem Ventilsteuerraum 2 des Hochdruckbereiches 17 verbindbar. Der Ventilsteuerraum 2 ist in der Fig. 1 lediglich angedeutet. In ihm ist ein nicht näher dargestellter bewegbarer Ventilsteuerkolben angeordnet. Durch dessen axiale Bewegungen wird das Einspritzverhalten des Kraftstoffeinspritzventiles 1 auf an sich bekannte Art gesteuert, wobei der Ventilsteuerraum 2 üblicherweise mit einer Einspritzleitung verbunden ist, welche mit einem für mehrere Kraftstoffeinspritzventile gemeinsamen Hochdruckspeicherraum (Common-Rail) verbunden ist.

[0018] An dem piezoseitigen Ende der Bohrung 10 ist ein

weiterer Ventilraum 21 vorgesehen, welcher durch den Ventilkörper 7, den ersten Kolben 9 und ein mit diesem sowie dem Ventilkörper 7 verbundenes Dichtelement 22 begrenzt ist. Das Dichtelement 22, welches hier als faltenbalgartige Membran ausgebildet ist, verhindert, daß der piezoelektrische Aktor 4 mit dem in dem Niederdruckbereich 16 enthaltenen Kraftstoff in Kontakt kommt. Zur Abführung von Leckageflüssigkeit zweigt eine Leckageleitung 23 aus dem Ventilraum 21 ab.

[0019] Um Leckageverluste des Niederdruckbereiches 16 bei einer Betätigung des Kraftstoffeinspritzventils 1 auszugleichen, ist eine Befüllereinrichtung 24 vorgesehen, welche mit dem Hochdruckbereich 17 verbunden ist. Die Befüllereinrichtung 24 ist mit einem kanalartigen Hohlraum 25 ausgebildet, in dem ein stiftartiger Drosselkörper 26 mit einer durchgehenden Drosselbohrung 27 eingepreßt ist. An dem hochdruckseitigen Ende des Drosselkörpers 26 mündet in den Hohlraum 25 eine zu dem Hochdruckbereich 17 führende Leitung 27, während an dem entgegengesetzten Ende des Drosselkörpers 26 eine zu der Hydraulikkammer 13 führende Systemdruck-Leitung 28 aus dem Hohlraum 25 abzweigt.

[0020] Bei den in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Lösungen mündet die Systemdruck-Leitung 28 jeweils in einen den ersten Kolben 9 umgebenden Spalt 29, über den der Systemdruck entgegen dem Ventilraum 21 und der Leckageleitung 23 abgebaut wird. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die Systemdruck-Leitung 28 alternativ oder ergänzend in einen den zweiten Kolben 11 umgebenden Spalt 30 mündet, wie dies in den Figuren strichliert mit der Leitung 28' angedeutet ist.

[0021] Die indirekte Befüllung der Hydraulikkammer 13 dient in jedem Fall einer Verbesserung des Druckhaltevermögens in der Hydraulikkammer 13 während der Ansteuerung, jedoch ist es selbstverständlich auch möglich, die Hydraulikkammer 13 über die Systemdruck-Leitung 28 direkt zu befüllen.

[0022] Der Systemdruck  $p_{sys}$  wird bei dem in der Fig. 1 gezeigten erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzventil 1 durch geometrische Festlegung der Drosselbohrung 27 in dem Drosselkörper 26 und der Abmessungen, d. h. der Länge und des Durchmessers A0, des ersten Kolbens 9, entlang dem der Systemdruck  $p_{sys}$  zum Niederdruckbereich 16 hin abgebaut wird, in Abhängigkeit des vorliegenden Drucks  $p_R$  in dem Hochdruckbereich 17 aufgebaut.

[0023] Durch eine Veränderung des Durchflußquerschnittes der Drosselbohrung 27 z. B. mittels hydroerosivem Runden kann der Kopplerdruck bzw. Systemdruck  $p_{sys}$  in der Montage so eingestellt werden, daß er in Abhängigkeit des im Hochdruckbereich 17 herrschenden Druckes  $p_R$  variiert. Dabei darf der Systemdruck  $p_{sys}$ , welcher nach einer Einspritzung nach einer gewissen Wiederbefüllzeit erreicht ist, einen maximal zulässigen statischen Systemdruck bzw. Kopplerdruck, welcher zum selbständigen Ventilöffnen ohne Ansteuerung der piezoelektrischen Einheit 4 führen würde, nicht überschreiten. Dem entsprechend sind auch die Spaltmaße an den Kolben 9 und 11 dimensioniert. Der Durchmesser A0 des ersten Kolbens 9 und der Durchmesser A1 des zweiten Kolbens 11 sind somit Parameter zur geometrischen Festlegung des Drosselkörpers 26 und des ersten Kolbens 9. Weitere Parameter zu deren geometrischer Festlegung sind neben dem Durchmesser Verhältnis der Kolben 9 und 11 ein Sitzdurchmesser A2 des ersten Ventilsitzes 14 und eine Federkraft  $F_F$  einer Feder 31, welcher im vorliegenden Fall zwischen dem Ventilschließglied 12 und dem zweiten Ventilsitz 15 angeordnet ist und das Ventilschließglied 12 bei Entlastung des Hochdruckbereiches 17 in Schließstellung an dem ersten Ventilsitz 14 hält.

[0024] Bezug nehmend auf Fig. 2 ist ein Ausschnitt eines weiteren Ausführungsbeispiels des Kraftstoffeinspritzventils dargestellt, welche im Prinzip wie das zu Fig. 1 beschriebene Kraftstoffeinspritzventil arbeitet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind funktionsgleiche Bauteile mit den in Fig. 1 verwendeten Bezugszeichen bezeichnet.

[0025] Gegenüber der Ausführung nach Fig. 1, bei der der Hochdruck  $p_R$  zum Niederdruckbereich 16 hin über eine Reihenschaltung des Drosselkörpers 26 und des ersten Kolbens 9 abgebaut wird, ist die Funktion des Druckabbaus entlang des Kolbens 9 hier alternativ durch einen weiteren Drosselkörper 32 realisiert. Dieser ebenfalls hülsenartig mit einer Drosselbohrung 34 ausgebildete Drosselkörper 32 ist in den Hohlraum 25, welcher auch den ersten Drosselkörper 26 aufnimmt, eingepreßt, wobei er einer direkt aus dem Hohlraum 25 abzweigenden Leckageleitung 35 vorgeschaltet ist. Zwischen den Drosselkörpern 26 und 32 baut sich in dem Hohlraum 25 sowie in der Systemdruck-Leitung 28 und der Hydraulikkammer 13 der Systemdruck  $p_{sys}$  in Abhängigkeit des vorliegenden Drucks  $p_R$  in dem Hochdruckbereich 17 auf. Der Systemdruck  $p_{sys}$  wird hier entlang des zweiten Drosselkörpers 32 zum Niederdruckbereich 16 hin abgebaut. Auch bei der in der Fig. 2 gezeigten Lösung besteht die Möglichkeit, durch gezielte Abstimmung der Drosselbohrungen 27 und 34, welche beispielsweise durch hydroerosives Verrunden realisiert wird, auf einfache Art und Weise den Systemdruck in der Hydraulikkammer 13 einzustellen. Sofern der erste Drosselkörper 26 kavitiert, begrenzt sich der Systemdruck  $p_{sys}$  und die anfallende Leckage auf einen Maximalwert.

[0026] Die Fig. 3 zeigt in einer Prinzipdarstellung eine Ergänzung zu den Ausführungen nach Fig. 1 und Fig. 2, wobei dem wenigstens dem ersten Drosselkörper 26 aufnehmenden Hohlraum 25 hochdruckseitig ein weiterer Hohlraum 36 mit einem darin angeordneten Festkörper 37 vorgeschaltet ist. Dieser Festkörper 37, welcher in der gezeigten vorteilhaften Ausführung kolbenartig ausgebildet ist, ist in dem Hohlraum 36 axial beweglich und mit einem Spiel angeordnet, wodurch er wenigstens primär als Filter für die Drosselung des nachgeschalteten ersten Drosselkörpers 26 dient. Eine Filterung des zu dem ersten Drosselkörper 26 strömenden Hochdruckstromes ist insbesondere bei einem kleinen Drosseldurchmesser des ersten Drosselkörpers 26, wie er bei Personenkraftwagen häufig erforderlich ist, von Vorteil. Damit hier Schmutzpartikel die Drosselbohrung 27 des Drosselkörpers 26 nicht zusetzen, werden diese Schmutzpartikel, welche größer sind als ein vordefiniertes Spaltmaß, durch den Kolben 37 zurückgehalten. Aufgrund des vorzugsweise großen Spaltmaßes um den Kolben 37 tritt durch diesen nur eine sehr geringe Drosselung auf. Die Druckteilerfunktion zur Einstellung des Systemdruckes  $p_{sys}$  erfolgt damit nur über den ersten Drosselkörper 26 und den ersten Kolben 9 bzw. den zweiten Drosselkörper 32.

[0027] Mit der axialen Beweglichkeit des als Filter dienenden Kolbens 37 ist gleichzeitig sichergestellt, daß dessen Spaltmaß, welches beispielsweise 10 µm bis 15 µm betragen kann, nicht von den Schmutzpartikeln zugesetzt wird. Um zumindest eine Axialbewegung des Kolbens 37 unter Druckschwankungen sicherzustellen, ist zwischen dem Festkörper bzw. Kolben 37 und einem drosselseitigen Anschlag 38 eine Federeinrichtung 39 vorgesehen, mittels der der Kolben 37 bei Abfall des Hochdruckes  $p_R$  im Hochdruckbereich 17 an einen hochdruckseitigen Anschlag 40 verschiebbar ist. Somit wird der Kolben 37 bei jeder Anstell- und Abstellphase bewegt, womit sich der Kolbenspalt selbsttätig freischafft. Zur Einstellung des Systemdruckes  $p_{sys}$  ist der Kolben 37 geometrisch in Abhängigkeit der bereits bezüglich der Drosselkörperdimensionierung aufge-

führten Parameter festgelegt.

[0028] Das Kraftstoffeinspritzventil nach Fig. 1, 2 oder 3 arbeitet in nachfolgend beschriebener Weise.

[0029] In geschlossenem Zustand des Kraftstoffeinspritzventils 1, d. h. wenn keine Spannung an dem piezoelektrischen Aktor 4 anliegt, befindet sich das Ventilschließglied 12 an dem ihm zugeordneten oberen Ventilsitz 14 und wird unter anderem von der Feder 31 mit der Federvorspannung  $F_F$  und hauptsächlich durch den Raildruck  $p_R$  gegen den ersten Ventilsitz 14 gepreßt.

[0030] Im Falle einer langsamen Betätigung, zum Beispiel in Folge temperaturbedingter Längenänderungen des piezoelektrischen Aktors 4 oder weiterer Ventilauteile, dringt der als Stellkolben dienende erste Kolben 9 bei Temperaturerhöhungen in das Ausgleichsvolumen der Hydraulikkammer 13 ein und zieht sich daraus bei einer Temperaturabsenkung zurück, ohne daß die Schließ- und Öffnungsstellung des Ventilschließgliedes 12 und des Kraftstoffeinspritzventiles 1 insgesamt davon betroffen ist.

[0031] Wenn das Ventil geöffnet werden soll und eine Einspritzung durch das Kraftstoffeinspritzventil 1 erfolgen soll, wird der piezoelektrische Aktor 4 mit Spannung beaufschlagt, wodurch sich dieser schlagartig axial ausdehnt. Dabei stützt sich der piezoelektrische Aktor 4 an dem Ventilkörper 7 ab und baut einen Öffnungsdruck in der Hydraulikkammer 13 auf. Erst wenn das Ventil 1 durch den Systemdruck  $p_{sys}$  in der Hydraulikkammer 13 im Gleichgewicht ist, treibt der zweite Kolben 11 das Ventilschließglied 12 aus seinem oberen Ventilsitz 14 in eine Mittelstellung zwischen den beiden Ventilsitzen 14 und 15. Bei hohem Raildruck  $p_R$  ist piezoseitig eine größere Kraft erforderlich, um in der Hydraulikkammer 13 den Gleichgewichtsdruck zu erreichen. Bei der erfindungsgemäßen Befülleinrichtung 24 wird jedoch bei hohem Raildruck  $p_R$  auch der Druck in der Hydraulikkammer 13 entsprechend erhöht. Auf diese Weise wird die piezoseitige Kraft auf das Ventilschließglied 12 bei gleicher Spannung auf den piezoelektrischen Aktor 4 erhöht. Diese Krafterhöhung entspricht einer substantiell höheren Spannung, welche an dem piezoelektrischen Aktor 4 angelegt werden müßte. Die gewonnene Kraftreserve kann bei der Auslegung des Ventils beispielsweise zur Verkleinerung des piezoelektrischen Aktors benützt werden.

[0032] Um das Ventilschließglied 12 entgegen dem Raildruck  $p_R$  nach Erreichen seines zweiten unteren Ventilsitzes 15 wieder rückwärts in eine Mittelstellung zu bewegen und abermals eine Kraftstoffeinspritzung zu erreichen, wird die Bestromung des piezoelektrischen Aktors 4 unterbrochen. Gleichzeitig mit der Rückbewegung des Ventilschließgliedes 12 erfolgt über die Befülleinrichtung 24 eine Wiederbefüllung der Hydraulikkammer 13 auf den Systemdruck  $p_{sys}$ .

[0033] Die beschriebenen Ausführungen beziehen sich jeweils auf ein sogenanntes Doppelsitzventil, jedoch ist die Erfindung selbstverständlich auch auf einachseltende Ventile mit nur einem Ventilsitz anwendbar.

[0034] Ebenso ist es nicht zwingend, daß die zum Hochdruckbereich 17 führende Leitung 33 der Befülleinrichtung 24 wie in den gezeigten bevorzugten Ausführungen mit dem Ventilraum 18, in dem das Ventilschließglied 12 zwischen den Ventilsitzen 14 und 15 bewegbar ist, verbunden ist. In alternativen Ausführungen kann auch vorgesehen sein, daß die Leitung 33 strömungsmäßig mit einem Hochdruckzulauf von einer Hochdruckpumpe beispielsweise zu dem Ventilsteuerraum 2 in dem Hochdruckbereich 17 oder mit der Ablaufdrossel 20 verbunden ist.

[0035] Es versteht sich auch, daß die Erfindung nicht nur bei den hier als bevorzugtes Einsatzgebiet beschriebenen Common-Rail-Injektoren Verwendung finden kann, sondern

generell bei Kraftstoffeinspritzventilen oder auch in anderen Umfeldern wie zum Beispiel bei Pumpen verwirklicht werden kann.

#### Patentansprüche

1. Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten mit einer Aktuator-Einheit (4), insbesondere mit einer piezoelektrischen Einheit, zur Betätigung eines in einem Ventilkörper (7) axial verschiebbaren Ventiltglieds (3), dem ein Ventilschließglied (12) zugeordnet ist, welches mit wenigstens einem Ventilsitz (14, 15) zum Öffnen und Schließen des Ventils (1) zusammenwirkt und einen Niederdruckbereich (16) mit Systemdruck von einem Hochdruckbereich (17) trennt, wobei das Ventiltglied (3) wenigstens einen ersten Kolben (9) und einen zweiten Kolben (11) aufweist, zwischen denen eine als hydraulische Übersetzung arbeitende Hydraulikkammer (13) ausgebildet ist, wobei zum Ausgleich von Leckverlusten eine mit dem Hochdruckbereich (17) verbindbare Befülleinrichtung (24) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Befülleinrichtung (24) mit wenigstens einem kanalartigen Hohlraum (25) ausgebildet ist, in dem wenigstens ein Drosselkörper (26) derart angeordnet ist, daß in den Hohlraum (25) an einem Ende des Drosselkörpers (26) eine zu dem Hochdruckbereich (17) führende Leitung (33) mündet, und daß an dem entgegengesetzten Ende des Drosselkörpers (26) eine zu der Hydraulikkammer (13) führende Systemdruck-Leitung (28) abzweigt, wobei sich ein Systemdruck ( $p_{sys}$ ) durch geometrische Festlegung einer Drosselbohrung (27) in dem Drosselkörper (26) und der Abmessungen des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) zum Niederdruckbereich (16) hin abgebaut wird, in Abhängigkeit eines vorliegenden Drucks ( $p_R$ ) in dem Hochdruckbereich (17) aufbaut.

2. Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten mit einer Aktuator-Einheit (4), insbesondere einer piezoelektrischen Einheit, zur Betätigung eines in einem Ventilkörper (7) axial verschiebbaren Ventiltglieds (3), dem ein Ventilschließglied (12) zugeordnet ist, welches mit wenigstens einem Ventilsitz (14, 15) zum Öffnen und Schließen des Ventils (1) zusammenwirkt und einen Niederdruckbereich (16) mit Systemdruck von einem Hochdruckbereich (17) trennt, wobei das Ventiltglied (3) wenigstens einen ersten Kolben (9) und einen zweiten Kolben (11) aufweist, zwischen denen eine als hydraulische Übersetzung arbeitende Hydraulikkammer (13) ausgebildet ist, wobei zum Ausgleich von Leckverlusten eine mit dem Hochdruckbereich (17) verbindbare Befülleinrichtung (24) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Befülleinrichtung (24) mit wenigstens einem kanalartigen Hohlraum (25) ausgebildet ist, in dem ein erster Drosselkörper (26) derart angeordnet ist, daß in dem Hohlraum (25) an einem Ende des Drosselkörpers (26) eine zu dem Hochdruckbereich (17) führende Leitung (33) mündet, und daß an dem entgegengesetzten Ende des Drosselkörpers (26) eine zu der Hydraulikkammer (13) führende Systemdruck-Leitung (28) abzweigt, wobei sich durch geometrische Festlegung einer Drosselbohrung (27) in dem ersten Drosselkörper (26) und einer Drosselbohrung (34) eines zweiten Drosselkörpers (32), der einer aus dem Hohlraum (25) abzweigenden Leckageleitung (35) vorgeschaltet ist, ein Systemdruck ( $p_{sys}$ ) in Abhängigkeit eines vorliegenden Drucks ( $p_R$ ) in dem Hochdruckbereich (17) aufbaut, der entlang des zweiten Drosselkörpers (32) zum Niederdruckbereich (16)

hin abgebaut wird.

3. Ventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem den wenigstens einen Drosselkörper (26, 32) aufnehmenden Hohlraum (25) hochdruckseitig ein weiterer Hohlraum (36) mit einem darin angeordneten Festkörper (37) vorgeschaltet ist, wobei der Festkörper (37) darin mit einem Spiel angeordnet ist, mit dem er wenigstens primär als Filter für die Drosselung des nachgeschalteten Drosselkörpers (26) dient.

4. Ventil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Festkörper (37) axial beweglich angeordnet ist, wobei vorzugsweise zwischen dem kolbenartig ausgebildeten Festkörper (37) und einem drosselseitigen Anschlag (38) eine Federeinrichtung (39) vorgesehen ist, mittels der der Festkörper bei Abfall des Druckes ( $p_R$ ) im Hochdruckbereich (17) an einen hochdruckseitigen Anschlag (40) verschiebbar ist.

5. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Festlegung des wenigstens einen Drosselkörpers (26, 32) und/oder des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) zu dem Niederdruckbereich (16) hin abgebaut wird, in Abhängigkeit wenigstens der Parameter Sitzdurchmesser (A2) und Verhältnis des Durchmessers (A0) des ersten Kolbens (9) zu dem Durchmesser (A1) des zweiten Kolbens (11) gewählt ist.

6. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Federkraft ( $F_F$ ) einer Feder (31), welche zwischen dem Ventilschließglied (12) und einem dem Hochdruckbereich (17) zugewandten zweiten Ventilsitz (15) angeordnet ist und das Ventilschließglied (12) bei Entlastung des Hochdruckbereiches (17) in Schließstellung an dem ersten Ventilsitz (14) hält, ein Parameter zur geometrischen Festlegung des wenigstens einen Drosselkörpers (26, 32) und/oder des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) zu dem Niederdruckbereich (16) hin abgebaut wird, und/oder des dem Drosselkörper (26) vorgeschalteten Festkörpers (37) ist.

7. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Festlegung derart erfolgt, daß der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) in der Hydraulikkammer (13) stets kleiner ist als ein maximal zulässiger Systemdruck, wobei der maximal zulässige Systemdruck der Hydraulikkammer (13) vorzugsweise einem Druck entspricht, bei dem eine selbsttätige Ventilöffnung ohne Betätigung der Aktuator-Einheit (4) eintritt.

8. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Drosselkörper (26, 32) hülsenartig ausgebildet ist.

9. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zu der Hydraulikkammer (13) führende Systemdruck-Leitung (28) in diese über einen an die Hydraulikkammer (13) angrenzenden, den ersten Kolben (9) umgebenden Spalt (29) und/oder den zweiten Kolben (11) umgebenden Spalt (30), vorzugsweise über den den ersten Kolben (9) umgebenden Spalt (29) führt.

10. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zu dem Hochdruckbereich (17) führende Leitung () strömungsmäßig mit einem Hochdruckzulauf von einer Hochdruckpumpe zu einem Ventilsteuerraum (2) in dem Hochdruckbereich (17) oder mit einer Ablaufdrossel (20) zwischen dem wenigstens einen Ventilsitz (15) und dem Ventilsteuerraum (2) in dem Hochdruckbereich (17) oder vorzugsweise mit einem Ventilraum (18), in dem das Ventil-

schließglied (12) zwischen einem ersten Ventilsitz (14) und einem zweiten Ventilsitz (15) bewegbar ist, verbunden ist.

11. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch seine Verwendung als Bestandteil eines Kraftstoffeinspritzventils für Brennkraftmaschinen, insbesondere eines Common-Rail-Injektors (1).

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

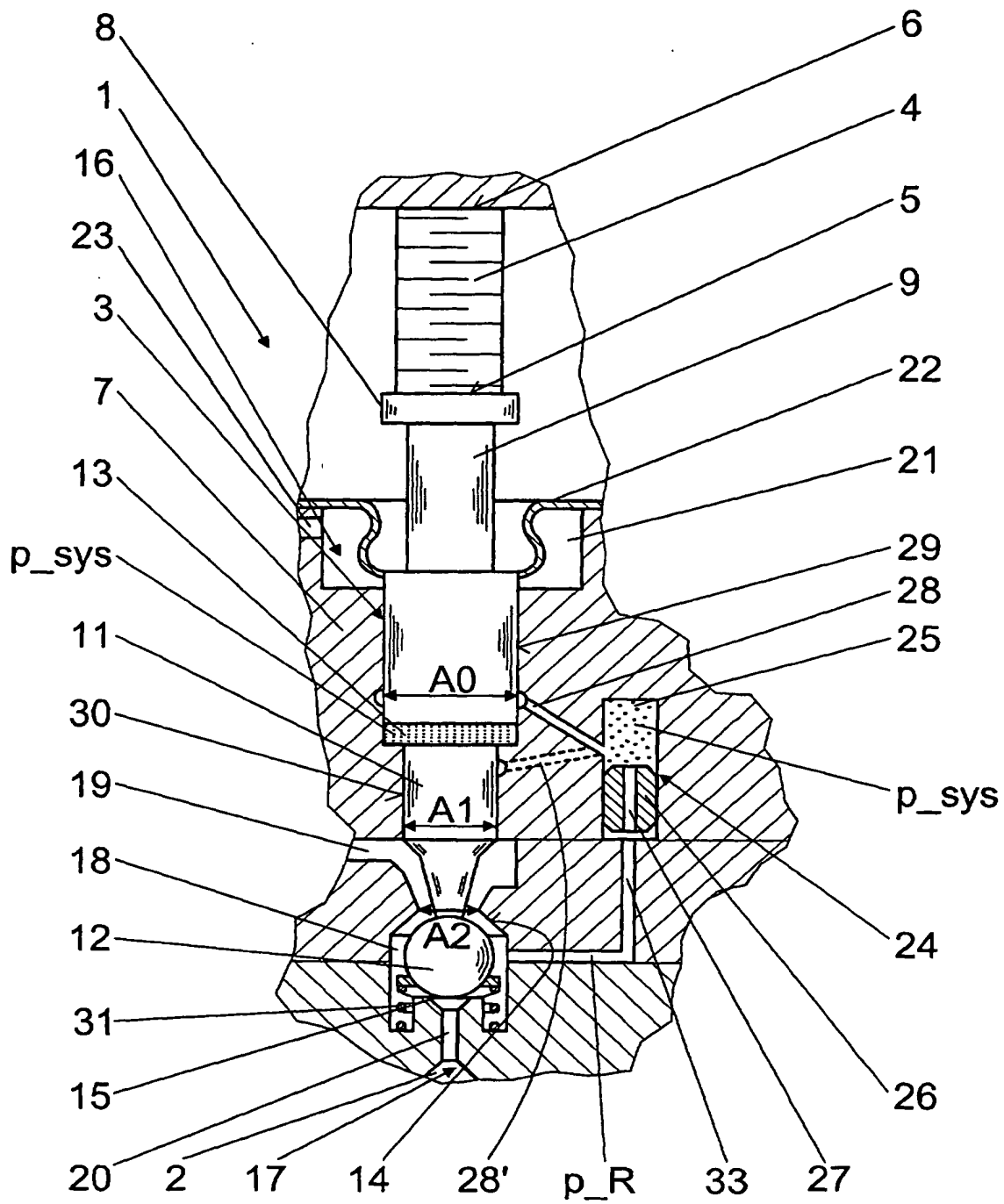


Fig. 1

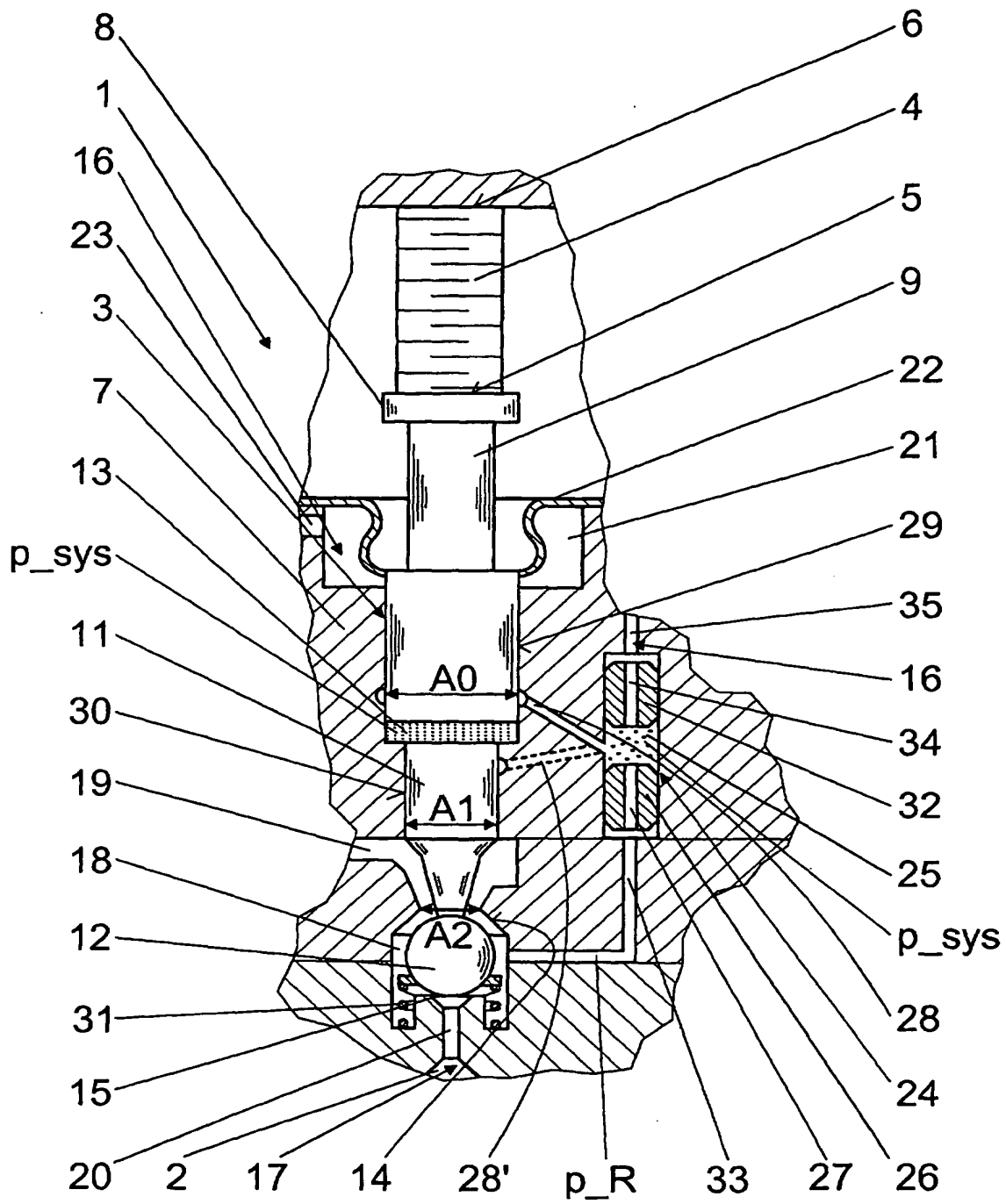


Fig. 2



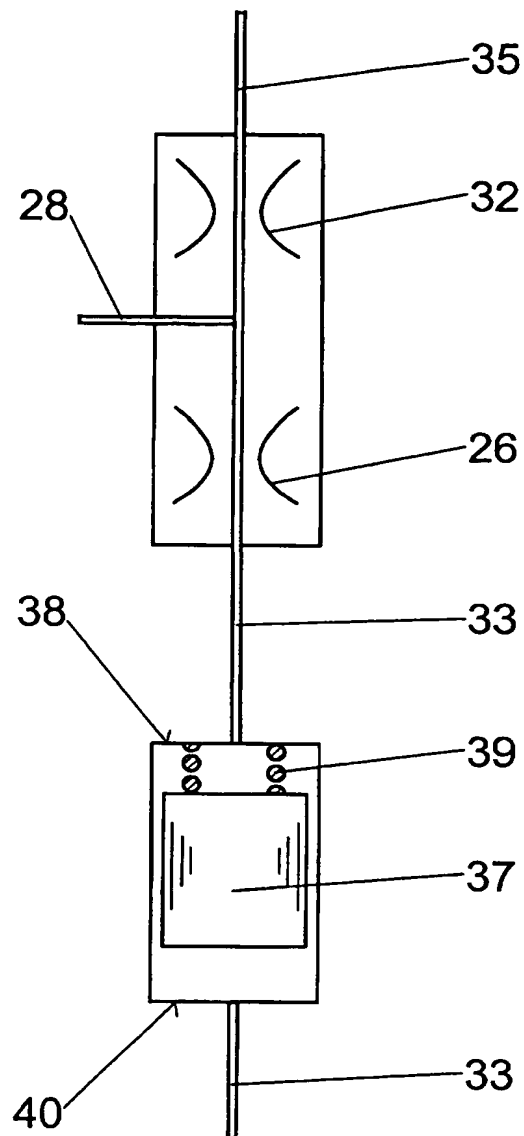


Fig. 3